



Analisis Efisiensi Teknis Infrastruktur Jalan Kabupaten dan Kota di Indonesia Menggunakan Metode *Data Envelopment Analysis* (DEA)

Jasan Supratman¹, Didin Sjarifudin², Arif Nuryono³, Shafa Salsabila Zahirah⁴

¹²³⁴ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta Raya
e-mail: jasan.supratman@dsn.ubharajaya.ac.id, didin.sjarifudin@dsn.ubharajaya.ac.id,
arif.nuryono@dsn.ubharajaya.ac.id, shafasz@gmail.com,

*Corresponding Author: jasan.supratman@dsn.ubharajaya.ac.id ;Tel.:+62 856-8520-063

DOI: <https://doi.org/10.66152/jiei.v2i1.32>

Informasi Artikel

Dikirim: 15 Maret 2026

Direvisi: 06 April 2026

Diterima: 27 April 2026

Abstrak

Penelitian ini bertujuan menganalisis efisiensi pengelolaan infrastruktur jalan kabupaten/kota di Indonesia dengan menerapkan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model *Variable Returns to Scale* (VRS). Analisis dilakukan untuk periode 2023–2024 dengan menggunakan variabel *input* berupa total panjang jalan dan panjang jalan tidak mantap, serta *output* berupa panjang jalan mantap. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi antarprovinsi bervariasi, terutama dalam kemampuan mengonversi jaringan jalan yang dimiliki menjadi jalan mantap. Perbandingan skor DEA dua tahun menunjukkan bahwa posisi relatif provinsi terhadap *frontier* berubah secara dinamis, dengan sebagian daerah mengalami peningkatan efisiensi dan sebagian lainnya mengalami penurunan. Rata-rata efisiensi nasional berada pada angka sekitar 0,79 dari 37 provinsi di Indonesia, yang mengindikasikan bahwa pemanfaatan sumber daya dalam pengelolaan jaringan jalan masih belum optimal di banyak wilayah. Penelitian ini dapat mengetahui faktor penyebab dan mekanisme kebijakan yang sinergis antara kabupaten dan kota. Implikasi penelitian ini secara praktis dapat menegaskan perlunya peningkatan kinerja teknis dan perencanaan berbasis efisiensi untuk mendorong peningkatan proporsi jalan mantap di Indonesia.

Kata kunci: *Data Envelopment Analysis*, Efisiensi Infrastruktur Jalan, *Variable Returns to Scale*, Jalan Mantap, Kinerja Pemerintah Daerah

Abstract

This study aims to analyse the efficiency of road infrastructure management in districts/cities in Indonesia by applying the Variable Returns to Scale (VRS) model of Data Envelopment Analysis (DEA). The analysis was conducted for the period 2023–2024 using input variables in the form of total road length and length of unstable roads, as well as output in the form of stable road length. The results show that efficiency varies between provinces, especially in terms of the ability to convert existing road networks into stable roads. A comparison of DEA scores over two years shows that the relative position of provinces against the frontier changes dynamically, with some regions experiencing an increase in efficiency and others experiencing a decline. The national average efficiency is around 0.79, indicating that the utilization of resources in road network management is still not optimal in many regions. These findings emphasise the need to improve technical performance and efficiency-based planning to encourage an increase in the proportion of stable roads in Indonesia.

Keywords: *Data Envelopment Analysis*, Road Infrastructure Efficiency, *Variable Returns to Scale*, Steady Roads, Local Government Performance





1. Pendahuluan

Pembangunan infrastruktur jalan merupakan salah satu faktor strategis yang berperan penting dalam memperkuat konektivitas antarwilayah, memperlancar arus distribusi barang dan jasa, serta mendorong pertumbuhan ekonomi daerah. Studi empiris menunjukkan bahwa kualitas dan ketersediaan jaringan jalan memiliki hubungan yang signifikan dengan pertumbuhan ekonomi regional dan peningkatan akses layanan publik, karena infrastruktur transportasi yang lebih baik secara langsung menurunkan biaya logistik dan mempercepat mobilitas faktor produksi serta barang jadi [1]. Kualitas jaringan jalan yang mantap tidak hanya meningkatkan efisiensi logistik, tetapi juga memperluas akses masyarakat terhadap pelayanan publik, pendidikan, dan kegiatan ekonomi produktif. Beberapa faktor jalan yang tidak efisien di antaranya spesifikasi teknis tidak terpenuhi (kualitas konstruksi rendah), pengawasan proyek lemah, dan manajemen proyek yang kurang profesional.

Namun demikian, kondisi kemandapan jalan di tingkat kabupaten dan kota di Indonesia menunjukkan adanya variasi yang cukup besar. Berdasarkan data dari Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) melalui portal data.pu.go.id, tingkat kemandapan jalan di berbagai daerah mengalami fluktuasi selama periode 2023–2024, yang merupakan refleksi dari dinamika alokasi anggaran dan prioritas pembangunan antarwilayah [2]. Variasi ini dapat disebabkan oleh perbedaan panjang jaringan jalan, kapasitas anggaran, kondisi geografis, serta efektivitas manajemen pemeliharaan infrastruktur yang dilakukan oleh masing-masing pemerintah daerah. Hal ini menimbulkan pertanyaan mengenai seberapa efisien suatu daerah dalam mengelola sumber daya yang dimilikinya untuk mencapai kondisi jalan yang mantap.

Sejumlah penelitian sebelumnya telah meneliti efisiensi pembangunan infrastruktur di Indonesia dengan menggunakan pendekatan *Data Envelopment Analysis* (DEA). Misalnya, penelitian berjudul *Determinants of Infrastructure Spending Efficiency in Indonesia: Data Envelopment Analysis (DEA) and Tobit Regression Approach* menunjukkan bahwa efisiensi pembangunan infrastruktur antarprovinsi di Indonesia pada periode 2020–2022 cenderung menurun karena perbedaan kemampuan fiskal dan tingkat urbanisasi [3]. Sementara itu, studi berjudul *Assessing the Efficiency of Central Java's Regional Budget Realization Using Data Envelopment Analysis* mengukur efisiensi realisasi anggaran daerah dengan model DEA-VRS, namun fokusnya masih terbatas pada efisiensi keuangan tanpa mempertimbangkan *output* spesifik seperti kondisi kemandapan jalan [4]. Dengan demikian, masih terdapat kesenjangan penelitian (*research gap*) berupa kurangnya studi yang secara khusus menganalisis efisiensi teknis pengelolaan kemandapan jalan kabupaten/kota di Indonesia secara nasional dengan pendekatan DEA untuk periode terkini (2023–2024).

Dalam konteks evaluasi kinerja infrastruktur publik, *Data Envelopment Analysis* (DEA) merupakan metode yang efektif untuk mengukur efisiensi relatif antar unit pengambil keputusan (*Decision Making Unit* atau DMU), karena mampu menilai kinerja suatu unit berdasarkan perbandingan hubungan *input* dan *output* aktual tanpa memerlukan bentuk fungsi produksi tertentu [5]. Metode ini telah banyak digunakan dalam berbagai bidang, termasuk sektor publik dan infrastruktur, untuk membandingkan efisiensi antarwilayah atau lembaga yang memiliki sumber daya berbeda. Penelitian sebelumnya hanya fokus pada efisiensi fiskal, belum mengukur efisiensi teknis berbasis kondisi jalan secara nasional.

Penelitian ini menggunakan model DEA *Variable Return to Scale* (VRS) karena memperhitungkan perbedaan skala operasi antar kabupaten dan kota di Indonesia. Setiap daerah memiliki karakteristik geografis, kapasitas fiskal, dan panjang jaringan jalan yang berbeda, sehingga pendekatan VRS dapat memberikan hasil yang lebih adil dan representatif dalam menilai



kinerja teknis. Dengan menganalisis data kemandapan jalan kabupaten/kota di Indonesia selama periode 2023–2024, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tingkat efisiensi teknis pengelolaan jalan serta menemukan daerah-daerah yang telah efisien maupun yang masih memerlukan peningkatan. Sementara nilai efisiensi teknis pengelolaan jalan menunjukkan data 0,79047 secara rata-rata pada tahun 2023.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi empiris terhadap literatur mengenai efisiensi infrastruktur daerah, sekaligus menjadi bahan masukan bagi pemerintah pusat dan daerah dalam merumuskan kebijakan pembangunan dan pemeliharaan jalan yang lebih optimal di masa mendatang.

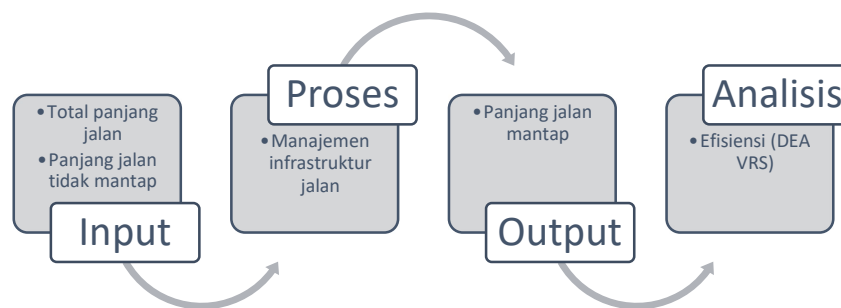
2. Tinjauan Pustaka

2.1. Infrastruktur Jalan dan Kemandapan Jalan

Infrastruktur jalan merupakan elemen fundamental dari *public capital* yang berfungsi memperkuat konektivitas, menurunkan biaya logistik, serta meningkatkan akses masyarakat terhadap layanan publik. Dalam literatur ekonomi transportasi modern, jalan dipandang sebagai *enabling infrastructure* yang secara langsung mempengaruhi mobilitas barang dan manusia, serta menjadi penentu efisiensi sistem produksi nasional [6]. Kualitas jaringan jalan berperan sebagai pondasi bagi pertumbuhan ekonomi karena kondisi fisik jalan menentukan keandalan pergerakan dan stabilitas rantai pasok [7].

Konsep kemandapan jalan (*road condition/road performance*) digunakan sebagai indikator fungsional untuk menilai apakah jalan berada dalam keadaan layak operasi. Menurut pendekatan *road asset management*, kondisi jalan dipengaruhi oleh kualitas perkerasan, tingkat kerusakan permukaan, struktur lapisan, serta tingkat kenyamanan pengguna [8]. Kemandapan jalan biasanya diklasifikasikan berdasarkan parameter teknis seperti *International Roughness Index (IRI)* atau skor penilaian visual, yang kemudian digunakan untuk menentukan prioritas pemeliharaan.

Beberapa penelitian menegaskan bahwa keragaman kondisi fisik jaringan jalan antarwilayah sering dipengaruhi oleh faktor geografis, variasi intensitas beban lalu lintas, serta perbedaan kapasitas manajemen aset publik. Dengan demikian, kemandapan jalan sesungguhnya mencerminkan seberapa efektif suatu wilayah mengonversi *input* baik fisik maupun finansial menjadi layanan infrastruktur yang berkualitas [9]. Hal ini penting karena dalam manajemen infrastruktur publik, efektivitas layanan lebih relevan dibandingkan sekadar besarnya anggaran. Adapun kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Penelitian



2.2. Efisiensi dan Produktivitas

Dalam teori produksi, efisiensi mengacu pada kemampuan suatu unit untuk menghasilkan *output* maksimum dari jumlah *input* tertentu atau menggunakan *input* minimum untuk menghasilkan *output* tertentu [10]. Konsep efisiensi teknis yang diperkenalkan Farrell merupakan fondasi bagi berbagai pendekatan pengukuran efisiensi modern, termasuk analisis *frontier* [11]. Efisiensi teknis menunjukkan kedekatan suatu unit terhadap *frontier* produksi, sedangkan efisiensi alokatif mencerminkan optimalitas kombinasi *input* berdasarkan harga atau ketersediaannya [12]. Hubungan matematis antara keduanya dapat dinyatakan sebagai:

$$EE = ET \times EA$$

di mana *EE* adalah efisiensi ekonomi, *ET* adalah efisiensi teknis, dan *EA* adalah efisiensi alokatif. Konsep efisiensi saling terkait dengan produktivitas. Produktivitas menyatakan rasio *output* terhadap *input* dan berkaitan dengan perubahan teknologi, kemampuan manajerial, serta skala operasi. Secara umum, produktivitas dapat dirumuskan sebagai:

$$P = \frac{Y}{X}$$

Dalam literatur produktivitas modern, perubahan produktivitas dianggap sebagai hasil dari tiga komponen: perubahan teknologi (*technical change*), perubahan efisiensi (*efficiency change*), dan efek skala (*scale effect*) [13]. Artinya, peningkatan produktivitas tidak hanya disebabkan oleh peningkatan sumber daya, melainkan juga oleh cara organisasi mengelola *input* untuk mencapai *output* optimal.

Teori *returns to scale* juga menjadi elemen penting dalam pembahasan efisiensi. Ketika peningkatan *input* menghasilkan peningkatan *output* yang lebih besar secara proporsional, maka terjadi *increasing returns to scale* (IRS). Sebaliknya, *decreasing returns to scale* (DRS) terjadi ketika *output* meningkat lebih kecil daripada peningkatan *input*. Variasi skala ini relevan untuk sektor publik karena kapasitas fiskal, cakupan wilayah, dan kompleksitas operasional antar unit seringkali tidak seragam [14].

2.3. Data Envelopment Analysis (DEA)

Data Envelopment Analysis (DEA) adalah pendekatan *non-parametric frontier method* yang digunakan untuk menilai efisiensi relatif dari unit pengambilan keputusan (DMU) dengan *input* dan *output* berganda [15]. DEA tidak memerlukan bentuk fungsi produksi tertentu sehingga cocok untuk mengevaluasi sektor publik yang umumnya heterogen dan tidak mengikuti model produksi konvensional [16].

Model DEA bekerja dengan membangun *frontier* efisiensi berdasarkan data empiris [17]. DMU yang berada pada *frontier* dikategorikan efisien dengan nilai 1, sementara DMU lain yang berada di bawah *frontier* memiliki nilai kurang dari 1. Model dasar DEA terdiri atas:

1. Model CRS (Charnes–Cooper–Rhodes / CCR)
Mengasumsikan bahwa semua unit beroperasi pada skala optimal. Model ini tepat ketika seluruh DMU memiliki skala ekonomi serupa.
2. Model VRS (Banker–Charnes–Cooper / BCC)



Menambahkan *convexity constraint*:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

Yang memungkinkan perbedaan skala operasi antar-DMU. Model ini digunakan dalam penelitian sektor publik karena kondisi sumber daya tiap unit tidak simetris.

Secara matematis, model DEA orientasi *output* dapat diformulasikan sebagai:

$$\max_{\phi, \lambda} \phi$$

$$Y\lambda \geq \phi Y_0$$

$$X\lambda \leq X_0$$

$$\lambda \geq 0$$

di mana ϕ menggambarkan potensi ekspansi *output*, X dan Y adalah matriks *input-output*, serta λ adalah bobot pembentuk *frontier*.

DEA memiliki dua orientasi:

- *Input-oriented*: mengukur sejauh mana *input* dapat dikurangi tanpa mengurangi *output*.
- *Output-oriented*: mengukur seberapa besar *output* dapat ditingkatkan dengan *input* yang sama.

Dalam konteks layanan publik, orientasi *output* lebih relevan karena tujuan utama pemerintah adalah memaksimalkan layanan dengan sumber daya terbatas [7].

3. Metodologi

3.1. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan tujuan mengukur efisiensi teknis pengelolaan infrastruktur jalan kabupaten/kota di Indonesia. Analisis dilakukan secara terpisah untuk tahun 2023 dan 2024 karena jumlah DMU tidak sama setiap tahun, sehingga *frontier* DEA tidak dapat digabungkan dalam satu model. Jumlah DMU sebelum perbaikan sejumlah 37 jalan provinsi dan 2024 setelah perbaikan bertambah 2 provinsi. Dengan memisahkan analisis per tahun, interpretasi efisiensi tetap valid dan sesuai dengan prinsip dasar perhitungan DEA.

Penelitian ini menggunakan model *Data Envelopment Analysis* (DEA) dengan pendekatan *Variable Returns to Scale* (VRS) dan orientasi *output*. Pemilihan model VRS didasarkan pada perbedaan skala jaringan jalan dan kapasitas fiskal antarwilayah. Orientasi *output* digunakan karena fokus analisis adalah menilai sejauh mana daerah dapat meningkatkan panjang jalan mantap berdasarkan *input* jaringan jalan yang dimiliki.

Unit observasi dalam penelitian ini adalah seluruh kabupaten dan kota di Indonesia yang memiliki data lengkap pada masing-masing tahun. Variabel *input* terdiri atas:

1. Total panjang jalan, dan
2. Panjang jalan tidak mantap.

Adapun *output* yang digunakan adalah panjang jalan mantap, yang mencerminkan kinerja hasil dalam pengelolaan infrastruktur jalan.

Pengumpulan data dilakukan melalui dua sumber:

1. Data Primer

Data primer diperoleh melalui dokumentasi resmi yang disediakan pemerintah pusat, khususnya:

- hasil kompilasi data melalui portal data.pu.go.id berupa database kemandapan jalan.
- Verifikasi data melalui pengecekan silang variabel *input-output* untuk memastikan tidak terdapat inkonsistensi angka.

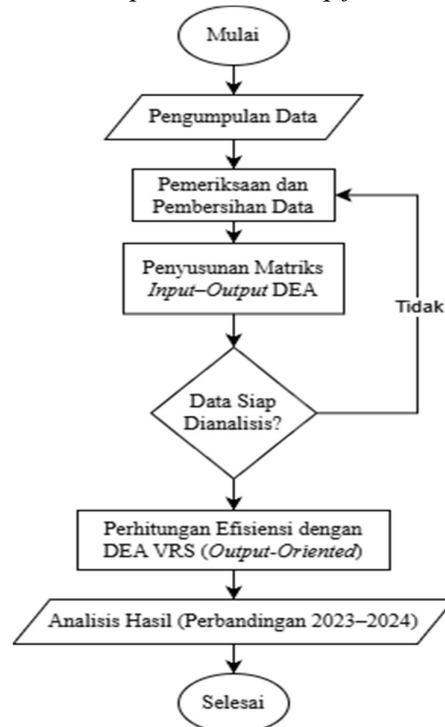
2. Data Sekunder

Data sekunder diperoleh dari:

- Publikasi Kementerian PUPR terkait kondisi jaringan jalan nasional,
- Literatur dan penelitian terdahulu yang membahas pengukuran efisiensi infrastruktur dan penggunaan DEA dalam sektor publik.

Pengolahan data dilakukan dalam beberapa tahap sistematis:

1. Melakukan *data cleaning*, yang mencakup verifikasi nilai ekstrem, pemeriksaan kelengkapan variabel, serta penyamaan satuan panjang jalan agar seluruh DMU memiliki basis perbandingan yang homogen.
2. Menyusun matriks *input-output* DEA untuk tiap tahun secara terpisah. Penyusunan matriks mengikuti format standar DEA untuk memastikan model berjalan konsisten pada seluruh DMU.
3. Melakukan estimasi efisiensi menggunakan model DEA VRS orientasi *output*, sehingga diperoleh skor efisiensi masing-masing provinsi sebagai representasi DMU komposit kabupaten/kota dalam tahun tersebut.
4. Mengevaluasi hasil efisiensi melalui pemeriksaan pola perubahan antar tahun untuk melihat pergeseran posisi relatif provinsi terhadap *frontier* efisiensi.



Gambar 1. Tahap Penelitian



Gambar 1. menunjukkan langkah-langkah penelitian yang digunakan untuk mengukur efisiensi teknis pengelolaan infrastruktur jalan menggunakan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model VRS orientasi *output*. Proses dimulai dari kegiatan pengumpulan data, yaitu menghimpun variabel *input* dan *output* dari sumber resmi. Setelah data terkumpul, dilakukan tahap pemeriksaan dan pembersihan data untuk memastikan seluruh nilai telah konsisten, lengkap, dan bebas dari kesalahan pencatatan. Apabila masih ditemukan ketidaksesuaian, data dikembalikan ke tahap perbaikan sebelum dapat dianalisis lebih lanjut.

Setelah data dinyatakan bersih, langkah berikutnya adalah menyusun matriks *input-output* DEA yang menjadi dasar perhitungan efisiensi. Tahap ini kemudian diikuti oleh proses pengambilan keputusan untuk menentukan apakah data sudah layak dianalisis. Jika data belum memenuhi standar kelayakan, proses kembali ke pemeriksaan dan pembersihan. Namun, apabila data telah siap, analisis dilanjutkan pada tahap perhitungan efisiensi dengan model DEA VRS yang berorientasi pada peningkatan *output*.

Tahap terakhir dari alur penelitian ini adalah analisis hasil, yaitu mengevaluasi skor efisiensi provinsi dan membandingkan kinerjanya antara tahun 2023 dan 2024 untuk melihat pergeseran posisi relatif terhadap *frontier*. Seluruh rangkaian proses tersebut kemudian mengarahkan penelitian menuju tahap akhir, yaitu penyusunan interpretasi dan kesimpulan.

3.2. Metode Analisis

Analisis data dilakukan dengan menggunakan pendekatan DEA VRS berorientasi pada *output* untuk menghitung tingkat efisiensi teknis setiap provinsi berdasarkan data kabupaten/kota pada tahun terkait. Analisis diawali dengan normalisasi dan pemeriksaan kesesuaian variabel agar perhitungan efisiensi tidak terdistorsi oleh perbedaan skala *input* yang terlalu besar. Perhitungan kemudian dilakukan untuk masing-masing tahun sehingga menghasilkan skor efisiensi yang menggambarkan posisi relatif DMU terhadap *frontier*.

Data yang telah dianalisis kemudian disajikan dalam bentuk tabel skor efisiensi, grafik perkembangan efisiensi antartahun, serta statistik deskriptif *input-output* untuk melihat kecenderungan umum kualitas jaringan jalan. Interpretasi hasil dilakukan dengan memperhatikan sifat dasar DEA bahwa nilai efisiensi bersifat relatif, sehingga perubahan skor tidak selalu berarti perbaikan atau penurunan absolut, tetapi dapat pula disebabkan oleh pergeseran *frontier* akibat peningkatan kinerja daerah lain. Hasil analisis nasional kemudian dirangkum ke dalam nilai rata-rata efisiensi per tahun untuk memberikan gambaran agregat pengelolaan infrastruktur jalan kabupaten/kota secara nasional.

4 Hasil dan Pembahasan

Bagian ini menyajikan hasil analisis berdasarkan tahapan metodologi yang telah dijabarkan sebelumnya, khususnya penerapan metode *Data Envelopment Analysis* (DEA) model VRS dengan orientasi *output* dalam menilai efisiensi pengelolaan infrastruktur jalan kabupaten/kota di Indonesia. Analisis dilakukan terhadap variabel *input* berupa total panjang jalan dan panjang jalan tidak mantap, serta *output* berupa panjang jalan mantap untuk tahun 2023 dan 2024. Melalui pendekatan ini, penelitian bertujuan menggambarkan posisi relatif setiap provinsi terhadap *frontier* efisiensi serta mengidentifikasi perubahan kinerja dari satu periode ke periode berikutnya.



Tabel 1. Deskripsi Statistik Variabel Jalan (2023–2024)

Tahun	Variabel	Mean	Min	Max	Std. Deviasi
2023	Total Panjang Jalan (km)	11.117,15	2.464,39	34.479,69	8.428,84
2023	Jalan Tidak Mantap (km)	4.679,86	845,45	13.530,93	3.141,69
2023	Jalan Mantap (km)	6.437,67	719,17	28.037,94	6.144,87
2024	Total Panjang Jalan (km)	10.748,15	2.464,39	35.492,13	8.497,11
2024	Jalan Tidak Mantap (km)	4.884,24	941,15	180.716,85	3.406,42
2024	Jalan Mantap (km)	5.863,92	471,46	216.964,87	5.882,47

Tabel 1. menyajikan ringkasan statistik terkait kondisi jaringan jalan kabupaten/kota pada tahun 2023 dan 2024, yang terdiri atas variabel *input* dan *output* penelitian, yaitu total panjang jalan, panjang jalan tidak mantap, serta jalan mantap.

Pada tahun 2023, total panjang jalan menunjukkan nilai rata-rata sebesar 11.117,15 km dengan rentang yang sangat luas dari 2.464,39 km hingga 34.479,69 km. Tingginya standar deviasi (8.428,84 km) menunjukkan adanya variasi yang besar antara wilayah dengan jaringan jalan yang relatif kecil dan wilayah yang memiliki jaringan jalan sangat luas. Variabel jalan tidak mantap pada tahun yang sama memiliki rata-rata 4.679,86 km, dengan nilai minimum 845,45 km dan maksimum 13.530,93 km, serta standar deviasi 3.141,69 km. Hal ini mengindikasikan perbedaan signifikan dalam kondisi kerusakan jalan antarkabupaten/kota. Sementara itu, panjang jalan mantap menunjukkan rata-rata 6.437,67 km, dengan variasi yang juga tinggi (SD 6.144,87 km), mencerminkan disparitas besar dalam tingkat kemantapan jalan di tingkat nasional.

Pada tahun 2024, pola variasi data masih menunjukkan kecenderungan yang serupa. Rata-rata total panjang jalan sedikit menurun menjadi 10.748,15 km, dengan rentang nilai minimum 2.464,39 km hingga maksimum 35.492,13 km. Standar deviasi yang tetap tinggi (8.497,11 km) menegaskan bahwa perbedaan skala jaringan jalan antardaerah masih sangat dominan. Variabel jalan tidak mantap pada tahun 2024 juga mengalami peningkatan rata-rata menjadi 4.884,24 km, tetapi memiliki standar deviasi lebih rendah (3.406,42 km), menunjukkan persebaran yang sedikit lebih terkonsentrasi dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Adapun jalan mantap mengalami penurunan rata-rata menjadi 5.863,92 km, sementara standar deviasinya tetap tinggi (5.882,47 km), yang menunjukkan bahwa ketimpangan kualitas jalan antardaerah tetap menjadi isu yang signifikan.

Secara keseluruhan, deskripsi statistik ini menunjukkan bahwa baik tahun 2023 maupun 2024 sama-sama memiliki variasi yang besar antarwilayah, baik dari segi total panjang jalan maupun kondisi mantap–tidaknya jaringan jalan. Tingginya variabilitas ini penting dalam konteks analisis DEA, karena variasi *input* dan *output* yang memadai merupakan prasyarat untuk mendapatkan estimasi efisiensi yang stabil dan informatif.

Tabel 2. Skor Efisiensi per Tahun

No	Provinsi	2023	2024	Tren
1	Aceh	0,66299	0,62442	Turun
2	Sumatera Utara	0,68447	0,72018	Naik
3	Sumatera Barat	0,73886	0,73995	Naik
4	Riau	0,63695	0,57686	Turun
5	Jambi	0,54390	0,50598	Turun
6	Sumatera Selatan	0,73418	0,79217	Naik
7	Bengkulu	0,65194	0,69157	Naik

No	Provinsi	2023	2024	Tren
8	Lampung	0,57898	0,64468	Naik
9	Kepulauan Bangka Belitung	1,00000	1,00000	Stabil
10	Kepulauan Riau	0,83064	0,90125	Naik
11	Jawa Barat	1,00000	0,99973	Turun
12	Jawa Tengah	0,98055	1,00000	Naik
13	DI Yogyakarta	1,00000	0,93610	Turun
14	Jawa Timur	1,00000	1,00000	Stabil
15	Banten	1,00000	1,00000	Stabil
16	Bali	1,00000	0,97490	Turun
17	Nusa Tenggara Barat	0,81755	0,84564	Naik
18	Nusa Tenggara Timur	0,63427	0,58397	Turun
19	Kalimantan Barat	0,64751	0,44528	Turun
20	Kalimantan Tengah	0,48572	0,51316	Naik
21	Kalimantan Selatan	0,98342	1,00000	Naik
22	Kalimantan Timur	0,64434	0,91778	Naik
23	Kalimantan Utara	1,00000	1,00000	Stabil
24	Sulawesi Utara	1,00000	1,00000	Stabil
25	Sulawesi Tengah	0,77486	0,67815	Turun
26	Sulawesi Selatan	1,00000	1,00000	Stabil
27	Sulawesi Tenggara	0,67602	0,73064	Naik
28	Gorontalo	0,87711	0,90681	Naik
29	Sulawesi Barat	0,77007	0,70368	Turun
30	Maluku	0,75089	0,81895	Naik
31	Maluku Utara	0,86951	0,93352	Naik
32	Papua	0,61897	0,72849	Naik
33	Papua Barat	0,70427	0,58344	Turun
34	Papua Selatan	0,70685	0,64421	Turun
35	Papua Tengah	0,73487	0,93603	Naik
36	Papua Pegunungan	0,81909	0,59188	Turun
37	Papua Barat Daya	0,68857	0,70611	Naik

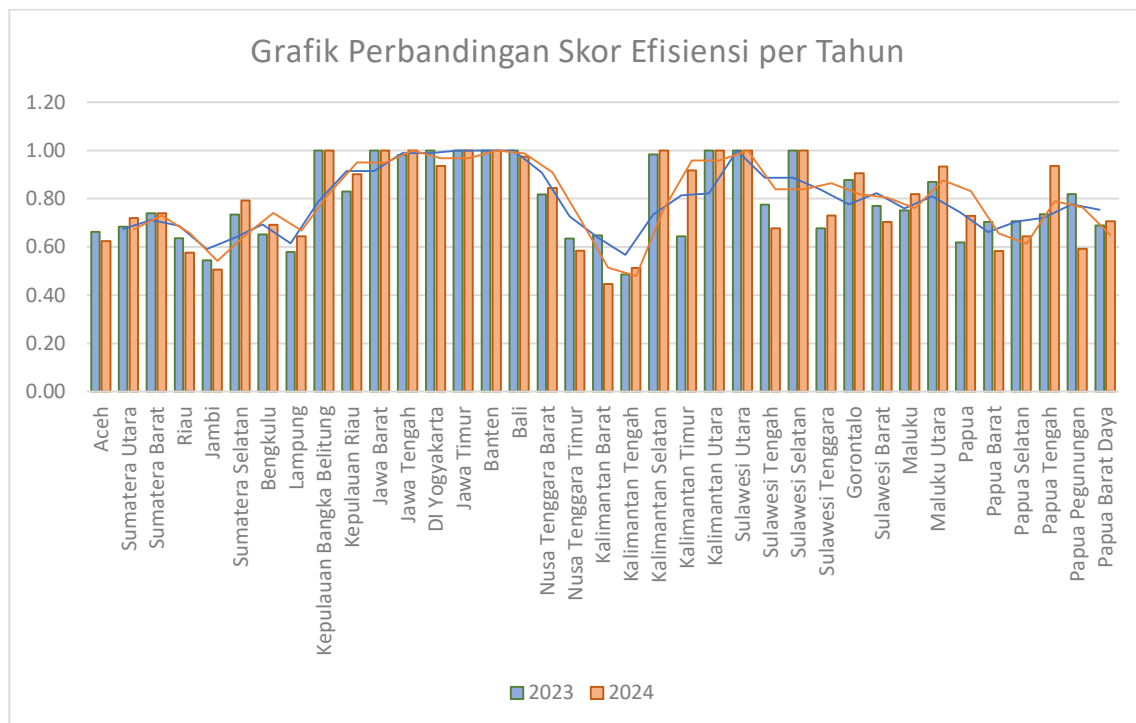
Perbandingan skor DEA pada Tabel 2. antara tahun 2023 dan 2024 menunjukkan bahwa efisiensi pengelolaan infrastruktur jalan di tingkat provinsi mengalami dinamika yang cukup jelas. Kenaikan skor pada beberapa provinsi, seperti Sumatera Utara, Bengkulu, Kepulauan Riau, Jawa Tengah, Nusa Tenggara Timur, dan Kalimantan Selatan, menunjukkan bahwa wilayah-wilayah tersebut mampu mendekati kinerjanya ke *frontier* efisiensi meskipun *input* yang digunakan (total panjang jalan dan jalan tidak mantap) relatif besar. Hal ini tidak serta-merta berarti perbaikan fisik jalan, tetapi mengindikasikan bahwa proporsi *output* jalan mantap terhadap total jaringan jalan membaik dibandingkan provinsi lain. Dengan kata lain, peningkatan skor DEA bersifat relatif, bukan absolut provinsi dianggap lebih efisien karena kinerjanya lebih baik dibandingkan wilayah lain dalam tahun yang sama.

Sebaliknya, penurunan skor pada wilayah seperti Aceh, Riau, Lampung, Jawa Barat, Yogyakarta, Bali, Papua Barat, dan beberapa provinsi hasil pemekaran menunjukkan bahwa posisi

relatif provinsi-provinsi ini melemah dalam 2024. Ada dua kemungkinan penjelasan yang secara metodologis masuk akal. Pertama, kemampuan provinsi tersebut dalam mempertahankan atau meningkatkan panjang jalan mantap tidak sebanding dengan perubahan kondisi *input*-nya. Kedua, bukan provinsi tersebut yang memburuk, tetapi provinsi lain yang meningkat lebih cepat, sehingga *frontier* bergeser dan menyebabkan beberapa wilayah tampak kurang efisien secara relatif. Hal ini penting dicatat untuk menghindari asumsi keliru bahwa penurunan skor berarti infrastruktur memburuk, padahal DEA tidak mengukur kualitas absolut melainkan posisi relatif antar unit.

Tabel ini juga menunjukkan bahwa beberapa provinsi mempertahankan efisiensi sempurna (skor 1,000) pada dua tahun berturut-turut, seperti Jawa Timur dan Bangka Belitung. Konsistensi ini mengindikasikan adanya struktur *input-output* yang stabil, di mana panjang jalan mantap relatif tinggi terhadap total jaringan jalan, atau variabel *input* tidak meningkat secara signifikan yang dapat menurunkan efisiensi. Namun, interpretasi efisiensi penuh harus tetap berhati-hati: skor 1,000 tidak selalu berarti provinsi tersebut “paling baik”, tetapi hanya menunjukkan bahwa tidak ada provinsi lain dalam dataset yang mampu mendominasinya dalam kombinasi *input-output*. Jika *input*-nya kecil, sebuah provinsi kecil pun dapat tampak sangat efisien.

Secara keseluruhan, pola dalam tabel mengindikasikan bahwa efisiensi infrastruktur jalan di Indonesia bukan hanya dipengaruhi oleh kondisi fisik jalan, tetapi juga oleh komposisi jaringan, skala wilayah, dan dinamika antarprovinsi. Ketika *frontier* efisien bergeser karena perbaikan pada beberapa wilayah besar, provinsi lain bisa tampak menurun meskipun kinerjanya stabil.



Gambar 2. Grafik Perbandingan Skor Efisiensi per Tahun

Gambar 2. menunjukkan perbandingan skor efisiensi provinsi pada tahun 2023 dan 2024, yang menggambarkan dinamika perubahan posisi relatif antarwilayah terhadap *frontier* efisiensi dalam dua periode analisis. Grafik tersebut memperlihatkan bahwa sebagian provinsi mengalami



peningkatan skor efisiensi, sebagian lainnya mengalami penurunan, sementara beberapa daerah tetap berada pada posisi efisiensi yang stabil dari tahun ke tahun.

Peningkatan skor pada sejumlah provinsi, terutama wilayah seperti Sumatera Utara, Sumatera Selatan, Kepulauan Riau, Jawa Tengah, Kalimantan Selatan, dan Papua Tengah, menunjukkan bahwa provinsi-provinsi tersebut mampu meningkatkan proporsi jalan mantap terhadap total jaringan jalan dibandingkan dengan tahun sebelumnya. Peningkatan efisiensi ini dapat disebabkan oleh bertambahnya *output* jalan mantap atau adanya efisiensi relatif akibat pergeseran kinerja provinsi lain yang kurang optimal. Dalam konteks DEA, peningkatan skor tidak selalu mencerminkan perubahan fisik jalan secara absolut, tetapi lebih pada kemampuan suatu provinsi untuk berada lebih dekat dengan *frontier* efisien dibandingkan dengan daerah lain.

Sebaliknya, beberapa provinsi seperti Aceh, Riau, Yogyakarta, Bali, Kalimantan Barat, serta Papua Pegunungan menunjukkan penurunan skor pada tahun 2024. Penurunan ini dapat terjadi karena *output* jalan mantap tidak bertambah secara proporsional terhadap *input*, atau karena provinsi lain mengalami perbaikan lebih signifikan sehingga *frontier* efisiensi bergeser. Dengan demikian, penurunan skor tidak boleh diartikan sebagai deteriorasi mutlak, melainkan melemahnya posisi relatif di antara provinsi-provinsi lain pada tahun analisis.

Gambar ini juga memperlihatkan adanya provinsi yang konsisten berada pada kondisi efisien dengan skor mendekati atau mencapai 1,000, seperti Bangka Belitung, Banten, Jawa Timur, Kalimantan Utara, dan beberapa wilayah Sulawesi. Konsistensi tersebut menunjukkan bahwa struktur *input* dan *output* mereka relatif stabil dan sejauh ini tidak didominasi oleh provinsi lain dalam kombinasi variabel yang digunakan.

Secara keseluruhan, Gambar 2. memberikan gambaran visual yang lebih jelas mengenai bagaimana perubahan kondisi jalan mantap dan komposisi jaringan jalan memengaruhi efisiensi antarprovinsi dari tahun ke tahun. Grafik ini menegaskan bahwa efisiensi teknis bersifat dinamis dan dipengaruhi oleh kinerja relatif seluruh provinsi, bukan hanya oleh perubahan internal pada satu daerah. Dengan demikian, hasil pada Gambar 2 menjadi dasar penting untuk memahami pola peningkatan maupun penurunan efisiensi dan memberikan konteks bagi interpretasi tabel-tabel yang menyertainya.

Tabel 3. Rata – Rata Efisiensi Nasional

Tahun	Rata – Rata Efisiensi
2023	0,79047
2024	0,79393

Tabel 3. menunjukkan rata-rata efisiensi teknis nasional berdasarkan hasil estimasi DEA VRS untuk tahun 2023 dan 2024. Secara umum, nilai rata-rata efisiensi nasional berada pada kisaran yang relatif tinggi, yaitu 0,79047 pada tahun 2023 dan sedikit meningkat menjadi 0,79393 pada tahun 2024. Kenaikan kecil ini menunjukkan bahwa secara agregat terdapat perbaikan efisiensi relatif dalam pengelolaan jaringan jalan di tingkat provinsi, meskipun peningkatannya tidak signifikan. Nilai yang stabil di sekitar angka 0,79 menandakan bahwa sebagian besar provinsi mampu mempertahankan posisi kompetitif relatifnya dalam mengonversi *input* jaringan jalan dan kondisi jalan tidak mantap menjadi *output* jalan mantap.

Namun, stabilitas ini juga mengisyaratkan bahwa tidak terjadi pergeseran *frontier* efisiensi yang besar antartahun, sehingga peningkatan efisiensi lebih banyak didorong oleh pergerakan relatif antarprovinsi dibandingkan dengan perubahan struktural dalam kualitas atau kapasitas infrastruktur.





Dengan demikian, temuan pada tabel ini memperlihatkan bahwa performa efisiensi nasional cenderung konsisten, tetapi masih berada jauh dari tingkat efisiensi maksimum, yang menunjukkan adanya ruang peningkatan yang cukup besar pada praktik pengelolaan infrastruktur jalan di berbagai daerah.

5. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rata-rata efisiensi nasional pada tahun 2023 dan 2024 masing-masing berada pada nilai 0,79047 dan 0,79393. Karena seluruh nilai tersebut berada di bawah 1, maka secara teknis dapat disimpulkan bahwa pengelolaan infrastruktur jalan kabupaten/kota di Indonesia selama periode penelitian belum mencapai tingkat efisiensi yang optimal. Model DEA VRS yang digunakan mengungkapkan adanya variasi kinerja yang cukup besar antarprovinsi, di mana sebagian daerah mampu mempertahankan atau mendekati efisiensi penuh sementara provinsi lainnya masih berada jauh dari *frontier*. Perbedaan ini menunjukkan bahwa pemanfaatan *input* seperti total panjang jalan dan panjang jalan tidak mantap belum diolah secara efektif untuk menghasilkan proporsi jalan mantap yang maksimal pada banyak wilayah. Secara keseluruhan, temuan ini menegaskan perlunya peningkatan kinerja teknis, perbaikan strategi pemeliharaan, serta perencanaan berbasis efisiensi agar wilayah-wilayah yang belum efisien dapat bergerak lebih dekat menuju *frontier* dan meningkatkan kualitas jaringan jalan secara nasional.

Daftar Pustaka

- [1] R. Indah *et al.*, “The interplay of road infrastructure and regional finance in driving economic growth: Insights from East Kalimantan,” *J. Open Innov. Technol. Mark. Complex*, vol. 11, no. 1, p. 100444, 2025, doi: 10.1016/j.joitmc.2024.100444.
- [2] “Kementerian PUPR Percepat Pelaksanaan Inpres Jalan Daerah 2025,” 2024, *Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) Republik Indonesia*. [Online]. Available: <https://sahabat.pu.go.id/eppid/berita/detail/kementerian-pu-percepat-pelaksanaan-inpres-jalan-daerah-2025>
- [3] S. Hartono, A. F. Rahman, and M. Tojibussabirin, “Determinants of Infrastructure Spending Efficiency in Indonesia: Data Envelopment Analysis (DEA) and Tobit Regression Approach,” *J. World Sci.*, vol. 2, no. 8, pp. 1249–1256, 2023, doi: 10.58344/jws.v2i8.347.
- [4] M. R. Wisnu Aji and E. Letizia, “Assesing The Efficiency Of Central Java’s Regional Budget Realization Using Data Envelopment Analysis,” *Equity J. Ekon.*, vol. 13, no. 1, pp. 113–122, 2025, doi: 10.33019/equity.v13i1.434.
- [5] S. Wu, L. Ma, and Y. Chen, “A Comprehensive Overview Based on Data Envelopment Analysis (DEA): An Approach Towards Green Economy Development and Sustainability,” 2025, doi: <https://doi.org/10.1007/s11067-025-09696-w>.
- [6] V. Foster and S. Straub, “The Impact of Infrastructure on Development Outcomes A Qualitative Review of Four Decades of Literature,” no. March, 2023.
- [7] K. S. Diallo, P. Mendy, G. Degla, and B. M. Ndiaye, “Data Envelopment Analysis and Bootstrap Approaches for Efficiency Measure of the Autonomous Port of Dakar,” vol. 14, no. 4, pp. 51–64, 2022.





- [8] J. Santos, A. Ferreira, and G. Flintsch, "An adaptive hybrid genetic algorithm for pavement management," *Int. J. Pavement Eng.*, vol. 20, no. 3, pp. 266–286, 2019.
- [9] S. Ahangari, C. Chavis, M. Jeihani, and Z. R. Moghaddam, "Quantifying the effect of on-street parking information on congestion mitigation using a driving simulator," *Transp. Res. Rec.*, vol. 2672, no. 8, pp. 920–929, 2018.
- [10] T. Han, R. Ma, and J. Zheng, "Combination bidirectional long short-term memory and capsule network for rotating machinery fault diagnosis," *Measurement*, vol. 176, no. January, p. 109208, 2021, doi: 10.1016/j.measurement.2021.109208.
- [11] A. Mergoni, A. Emrouznejad, and K. De Witte, "Fifty years of Data Envelopment Analysis," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 326, no. 3, pp. 389–412, 2025, doi: 10.1016/j.ejor.2024.12.049.
- [12] A. Emrouznejad and G. Yang, "A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA: 1978–2016," *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 61, pp. 4–8, 2018.
- [13] C. J. O'Donnell, "Econometric estimation of distance functions and associated measures of productivity and efficiency change," *J. Product. Anal.*, vol. 41, no. 2, pp. 187–200, 2014.
- [14] T. Ten Raa, *Microeconomics: equilibrium and efficiency*. Bloomsbury Publishing, 2017.
- [15] A. Emrouznejad and G. Yang, "Socio-Economic Planning Sciences Invited paper A survey and analysis of the first 40 years of scholarly literature in DEA : 1978 e 2016," *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 61, pp. 4–8, 2018, doi: 10.1016/j.seps.2017.01.008.
- [16] J. Zhu, *Data envelopment analysis: A handbook of empirical studies and applications*, vol. 238. Springer, 2016.
- [17] X. Ji, J. Wu, Q. Zhu, and J. Sun, "Using a hybrid heterogeneous DEA method to benchmark China's sustainable urbanization: An empirical study," *Ann. Oper. Res.*, vol. 278, no. 1, pp. 281–335, 2019.

